Lane Medical Library

Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz (Leiter Professor Dr. Falck) des Zahnärztlichen Institutes (Vorstand Prof. Dr. Kranz) der Universität München.

Der Expansions-Guß

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

Verfaßt
und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der

Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Heinrich Wiesinger
aus München.

München 1931
Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn, München

Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz (Leiter Professor Dr. Falck) des Zahnärztlichen Institutes (Vorstand Prof. Dr. Kranz) der Universität München.

Der Expansions-Guß

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

Verfaßt
und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der

Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Heinrich Wiesinger
aus München.

München 1931
Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn, München

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent:
Professor Dr. Falck

Einleitung.

Das Verfahren, das es ermöglicht, ein Gußstück anzufertigen, welches vollkommen der von uns geschaffenen Form entspricht, dürfte jedem Praktiker als das Ideal der Gußtechnik gelten. Darunter ist zu verstehen, daß das Gußstück nicht nur in all seinen Dimensionen dem Modell entspricht, also keine Verkleinerung oder Vergrößerung aufweist, nicht nur dessen glatte Oberfläche zeigt, sondern sich auch in bester Qualität uns präsentiert, mit anderen Worten, das Material darf keine seiner guten Eigenschaften verloren haben, sondern es muß sich uns, was Atomstruktur, Vergütbarkeit, Härte, Farbe usw. betrifft, in seiner besten Form darstellen. Den Schlüssel hiezu liefert uns nur die genaue Analyse aller beim Guß zur Verwendung gelangenden Materialien. Alle Stoffe zeigen bei Temperaturveränderung und meist auch bei chemischen Prozessen eine Veränderung ihres Volumens. Hierin sind die Fehler unseres Gußverfahrens begründet, hier liegt die Ursache, wenn der Goldguß nicht dem Modell entspricht. Ein exakter Guß setzt die Kenntnis aller dieser formverändernden Faktoren voraus, angefangen von der Auswahl des Modellierwachses bis zur vollendeten letzten Abkühlung des Gußstückes. Alle sich inzwischen ereignenden Formveränderungen der verwendeten Materialien stellen sich dar als das Gegeneinanderwirken dreier Reaktionen, deren Gesamtsumme O bleiben muß.

$+$ = Expansion, $-$ = Kontraktion.

a = Wachs, b = Einbettungsmasse, c = Gold (c immer negativ).

$$\underset{\longrightarrow}{a} \quad + \quad \underset{\longrightarrow}{b} \quad = \quad \underset{\longleftarrow}{c}$$

$$a + b - c = O \qquad c = a + b.$$

Das Bestreben, eine solche Zusammenstellung zu finden, ist schon so alt, wie der zahnärztliche Guß überhaupt und wir begegnen in der Literatur mannigfachen Versuchen, ein Verfahren zu finden, mit welchem man genau dem Modell entsprechende Güsse erzielen kann. Ohne Zweifel ist es den Verfassern dieser Arbeiten gelungen, auf teils verblüffend einfachem und raschem Wege, teils mit komplizierten und zeitraubenden Methoden korrekte Güsse herzustellen, es gilt aber auch hier die Erfahrungstatsache, daß komplizierte Erfindungen nur in der Hand des Meisters gute Resultate ergeben. Die Allgemeinheit spricht über ihren Wert das letzte Wort. Nur dann kann ein solches Verfahren Eingang in die Praxis finden, wenn es einfach ist, von jedem leicht erfaßt und durchschaut werden kann,

mit anderen Worten, der Arbeitsgang muß so in sich abgerundet und abgeschliffen sein, daß jeder direkt mechanisch sich seiner Regeln bedient und doch den richtigen Weg geht.

Eine gewisse Normung der Arbeitsmethoden wird nötig sein. Außerdem hatte jeder Erfinder auf diesem Gebiet natürlich eine Konstante in seiner Rechnung, nämlich die oben erwähnte Größe c, d. h. er verwandte nur „eine" Sorte Gußgold, eben „sein" Gußgold, welches er rein für sich als bestes erprobt hatte. Da sich jedoch die Goldsorten beträchtlich vermehrt haben und dem Praktiker heute eine stattliche Auswahl von Gußgolden zur Verfügung steht, besteht schon lange der Wunsch, diejenigen Goldsorten kennen zu lernen, welche unter einem bestimmten Verfahren verarbeitet und für einen bestimmten Zweck gegossen, die besten Resultate ergeben.

Dies gab der vorliegenden Arbeit ihre Berechtigung und ich habe in ihr, unter Anlehnung an die bereits bekannten Methoden, ein Gußverfahren ausfindig gemacht, welches bei größter Einfachheit und Billigkeit die Herstellung sicher passender Einlagefüllungen, Halb- und Dreiviertelkronen ohne weitere Nachbearbeitung ermöglicht. Es war mein Bestreben, so weit vorzuarbeiten, daß die Güsse, die von mir nur mit einem bestimmten Golde ausgeführt wurden, mit beliebigen Goldsorten versucht werden können.

Vorversuche.

A. Versuche zur Erzielung einer glatten Oberfläche.

Zunächst richtete ich mein Augenmerk auf die Erzielung einer glatten Oberfläche, denn sie ist wichtig an der Innenseite und an den Rändern der Güsse, um einen guten Sitz zu gewährleisten; da ein Guß nie glatter sein kann, als die Oberfläche des Wachsmodells, wählte ich ein Wachs, welches sich kalt bearbeiten läßt und durch Schaben mit einem Messer eine spiegelglatte Oberfläche erhält. Diese Bedingung erfüllt das Taggartwachs. Die im Laboratorium hergestellten Modelle wurden mit einem Rasiermesser, die im Munde hergestellten mit einem scharfen Instrument abgeschabt. In beiden Fällen ergab sich eine spiegelnde Oberfläche. In meinen Versuchen fand ich folgende Punkte als Ursachen eines rauhen Gusses.

1. Verunreinigungen an der Oberfläche durch Speichel, Blut usw. Alle Modelle wurden deshalb in 5%iger Sodalösung abgewaschen (nach Fischer).

2. Abwaschen der Wachsmodelle mit Alkohol, Äther und Benzin, die im allgemeinen zum Entfetten der Oberfläche angegeben werden und die den Zweck haben sollen, ein besseres Adaptieren der Einbettmasse zu gewähren, ist unvorteilhaft; denn abgesehen von der durch die Verdunstung dieser Flüssigkeiten erfolgenden Formveränderung (Kontraktion) des Wachses schilfert die Oberfläche auf und es resultiert dann ein rauher Guß. Dem Vorschlage Fischers

gemäß versuchte ich verschiedene Seifen und fand am geeignetsten eine Fleckenseife (Gallenseife).

Die Modelle wurden nicht in Seifenlösung gelegt, sondern mit Seifenschaum bepinselt. Nach einigen Minuten wurde die Seife mit Leitungswasser abgespült und alle Seifenreste sorgfältig entfernt.

3. Grobkörnigkeit der Einbettungsmasse.

Es wurde Porzellanerde, die mit einem Sieb von 5000 Maschen auf den Quadratzentimeter gesiebt war, verwendet. Dazu kam noch die Wirkung des Glyzerins, das eine sehr glatte Oberfläche gibt, und das außerdem durch seine Abbindung des Gipses in der Einbettmasse verzögernde Wirkung für bestimmte Gußarbeiten zweckmäßig ist.

4. Luftblasen.

Es wurde nur gestandenes Wasser zum Anrühren der Einbettungsmassen verwendet, außerdem macht das später geschilderte Einbettungsverfahren Gußblasen zu einer Seltenheit. Dadurch, daß ich der Einbettungsmasse noch Glyzerin zusetzte, wurde sie beim Anrühren äußerst geschmeidig und legte sich infolge ihrer fettigen Konsistenz sehr gut an das Wachsmodell an.

5. Da man zur Oberfläche auch die Ränder rechnen muß, sind hier die Sprünge der Masse beim Vorwärmen zu erwähnen. Sie wurden dadurch vermieden, daß die Masse unter streng wasserdichtem Verschluß abbinden mußte und nicht wie bei anderen Expansionsmethoden Wasser schlucken konnte, wodurch sie beim Vorwärmen zerreißt. Da Risse auch bei zu starkem Vorwärmen durch die Sinterung des Gipses entstehen, wurde der Masse nur ganz wenig Gips zugesetzt und die Muffeln nur auf matte Rotglut erhitzt.

6. Verbrennungsrückstände.

Unter den bekannten Wachssorten hat das Taggartwachs mit 0,02 % den geringsten Rückstand (nach Besier). Der Gußkanal wurde nach Möglichkeit so angelegt, daß das Wachs von allen Seiten nach unten ausfließen konnte. Horizontale Flächen, an denen die Rückstände liegen bleiben könnten, wurden vermieden. Bei würfelförmigen Objekten ist der Gußstift demnach an einer Ecke anzubringen. Beim Ausbrennen wurden die Muffeln mit dem Trichter nach unten aufgestellt, so daß die Flammen sie von der Seite her treffen mußten, wodurch verhindert wurde, daß das Wachs bei liegender Muffel im unteren Teil der Hohlform oder schon beim Ausfließen im Kanal und im Trichter verbrannte und diese verunreinigte. Ferner wird eine Verrußung des Trichters durch die Bunsenflamme vermieden. Diese Bedingungen erfüllte der Kerrbrenner.

7. Beim Guß mitgerissene Teile des Trichterrandes. Um dies zu vermeiden, wurden Metallkegel verwendet und der Gußstift mit Klebewachs gut und möglichst glatt mit dem Kegel verbunden.

8. Beim Herausziehen des Stiftes in die Hohlform gefallene Einbettungsmasse. Es wurden deshalb die Stiftenden rund gefeilt.

9. Verwendung von altem und überhitztem Gold. Zu jedem Guß

wurden neue Gußwürfel im Anlieferungszustand verwendet ohne Beigabe schon geschmolzenen Goldes.

Erprobt wurde ferner der Vorschlag Fischers, die Einbettungsmasse mit einer 30 %igen Wasserglaslösung anzurühren. Es wurden alle möglichen Konzentrationen von Wasserglas in Wasser versucht bis herunter zu $^1/_2$ %. Es ergab sich die völlige Unmöglichkeit, auch nur eine Spur Wasserglas in der Masse zu verwenden, denn sie wurde dadurch beim Anrühren so zäh, daß es unmöglich war, ein Modell unbeschädigt und ohne Luftblasen einzubetten. Ferner wurde bis zu ein Fünftel Bolus der Masse beigemischt, jedoch wurde die Oberfläche der Güsse hiedurch keineswegs feinkörniger, beim Vorwärmen aber erwies sie sich als sehr rissig.

Um die Verbrennungsrückstände möglichst ausgiebig zu beseitigen, wurde eine Auskochküvette versucht (Abb. 1).[1]) Der Wasserdampf trieb das Wachs zum Gußkanal heraus. Eine Verbesserung wurde hiedurch nicht bemerkt. Die Verbrennungsrückstände sind beim Taggartwachs so geringe, daß der Vorteil des Auskochens nicht ins Gewicht fällt, aber der Nachteil, daß die Muffel sich voll Wasser gesaugt hat.

B. Versuche mit der Papierringmethode.

Zunächst versuchte ich mit Hilfe des von Dje Siong Han angegebenen Papierringes passende Güsse zu erzielen. Benützt wurde eine Masse, welche aus gleichen Gewichtsteilen Gips und gesiebter Porzellanerde bestand. Ich bemerkte hierbei, daß die Wahrung der ursprünglichen Form, wie sie nach Siong Han durch Vermeidung von Alkohol beim Einbetten des Modells und durch die ungehemmte Ausdehnungsmöglichkeit der Einbettungsmasse beim Abbinden erzielt werden soll, keineswegs genügt, um im direkten Verfahren Güsse zu erzielen. Dies ist auch unbedingt einleuchtend, wenn man sich vergegenwärtigt, daß ja die Erhaltung der Form des Modells und die minimale Vergrößerung desselben durch die Abbindungswärme nicht genügen können um die Kontraktion des Goldes beim Guß auszugleichen.

Da ich nicht gewillt war, Massen mit 50 % Gips weiterhin in meinen Versuchen zu verwenden, bin ich von Güssen im Papierring vollkommen abgekommen. Je mehr Gips wir in einer Masse haben, umso stärker ist die Ausdehnung, nach Siong Han also auch die Kompression des Modells im Metallring, umso schneller bindet die Masse ab, umso stärker schrumpft sie bei starkem Vorwärmen, und umso rauher wird die Oberfläche.

Dies sind alles Momente, welche gebieterisch eine möglichste Verringerung des Gipses in der Masse verlangen. Hätte Han eine Masse verwendet, welche z. B. nur drei Elftel oder gar ein Elftel Gips enthalten hätte, so hätte er bemerkt, daß der Papierring überflüssig war.

[1]) Nur im Original.

Zum Beweis dieser Behauptung goß ich drei Modelle eines großen vierarmigen Sattelinlays, die nicht mit Alkohol, sondern mit Seife abgewaschen worden waren, auf dreierlei Art mit 20karätigem Gold (Abb. 2)[1]), das erste im Metallring mit einer Masse aus einem Teil Gips und einem Teil Porzellanerde, das zweite im Pergamentpapierring mit derselben Masse und das dritte ebenfalls im Papierring, nur mit einer Masse, welche aus drei Elftel Gips und acht Elftel Porzellanerde bestand. Der Versuch fiel dementsprechend aus, das erste Modell paßte am schlechtesten, das dritte am besten. Der Guß mit der Masse von drei Elftel Gips gelang zwar, jedoch erwies sich diese Masse als zu schwach, um als ständige Gebrauchsmasse im einseitigen Einbettungsverfahren gebraucht werden zu können.

Wie ich später noch sehen sollte, sind zu einem richtigen Expansionsguß Temperaturen von 30—44° C nötig, denen das Wachs modell ausgesetzt werden muß, d. h. daß es mit einfachen Massen und allen möglichen Gußringen nicht getan sein kann und wenn ich so die Hanschen Bedingungen für direktes Gußverfahren wie Vaselinschicht, Weinsteinsche Einbettungsmasse und 22karätiges Gußgold, das natürlich auch weniger stark schrumpft, betrachte, so fällt mir der Verzicht auf den Papierring nicht schwer.

C. Versuche mit der zweiseitigen Einbettungsmethode.

Ich beschloß nun den Weg der zweiseitigen Einbettung zu beschreiten. Die Literatur über diese Methode ist reich und es gibt darin eine ganze Reihe guter Einbettungsmethoden von ernsten Forschern. Jeder beschreibt ganz genau „seine" Methode, aber welches Wachs er nimmt, schreibt er nicht und keiner gibt uns das Rezept einer Einbettungsmasse; man findet meist eine allzu großzügige Auffassung darüber oder es wird einfach eine bestimmte, womöglich noch ausländische Masse empfohlen.

So beschreibt Orbán in der Stomatologie ein sehr gutes Expansionsverfahren bis in alle Einzelheiten, Randkorrektur usw., nur fehlt die Hauptsache — das Wachs wird nicht genannt. Darüber steht geschrieben: „Die meist gebräuchlichsten Wachssorten für Inlaytechnik dehnen sich bei Steigerung der Zimmertemperatur auf ca. 45 bis 60° C in demselben Maße aus, wie das Gold schrumpft, also ca. 1—2%." Die Genauigkeit des Verfahrens beruht aber darin, daß man sich seine Temperaturen und seine Masse selbst suchen muß; denn über die Einbettungsmassen steht dort: „Die Wahl der Einbettungsmasse ist jedem überlassen, jedoch muß sie gewissen Forderungen entsprechen ..... (folgen einige). Bei meiner Demonstration werde ich die amerikanische Wipmix-Einbettungsmasse verwenden, die diesen Anforderungen sehr gut entspricht." Da es jedoch nicht meine Absicht und nicht meine Aufgabe war, ein Verfahren zu finden, dessen sämtliche Bestandteile man „einfach

[1]) Nur im Original.

kauft", so versuchte ich es mit einfachen Mitteln und mischte eine Masse aus zehn Gewichtsteilen gesiebter Porzellanerde und drei Gewichtsteilen Gips. Die innere Masse soll beim zweiseitigen Einbetten früher abbinden als die äußere Masse. Zwei verschiedene Massen wollte ich nicht nehmen, auch nacheinander wollte ich sie nicht anrühren. Ebenso sollten die großen Mischer, die Gußkegel usw. verschwinden. Ich legte auf den Wasserarm meiner Wage auf eine ausgesuchte Stelle ein Fünfpfennigstück, so daß immer auf 40 g Masse 16 g Wasser trafen. Die Masse kam in ein Spülglas und wurde mit einem Löffel, welcher etwas breiter als der Radius des Glases und unten stumpfwinkelig abgeschnitten war, damit er auch die Masse unten in der Kante mitnahm, 30mal unter ständiger Drehung des Glases in der Hand umgerührt. Hierauf kam ein Teelöffel voll Masse auf eine Glasplatte. Zu der im Glas bleibenden Masse kamen jetzt noch 20 Tropfen konzentrierten Glyzerins und dann wurde nochmals 30mal umgerührt. Hierauf wurde der Ring mit dieser Masse gefüllt. Mit der Masse auf der Glasplatte wurde nun das Modell 2—3 mm dick eingepinselt und dann in die gefüllte Muffel gestellt. Diese Muffel, welche lediglich auf einer kleinen, mit Gummi belegten Metallplatte stand, damit ich sie aufheben konnte, wurde nun ohne Abdichtung — denn gerade diese wollte ich der Einfachheit wegen vermeiden, und auch mehrere Gußstifte wollte ich benützen können — in einen Behälter voll konzentrierten Glyzerins gestellt und darin 30 Minuten gelassen. Die Temperatur war 44°, oder sollte es vielmehr sein, denn leider gelang es mir nicht, das Glyzerin, das schwer die Wärme annimmt und abgibt, auf dieser Temperatur zu halten. Nach 30 Minuten wurde die Muffel abgewaschen, da sonst das Glyzerin beim Ausbrennen übel riecht und qualmt. Beim Vorwärmen zeigte sich, daß man ohne Abdichtung keine Muffel ins Bad bringen kann, es sei denn, man trocknet die Muffel bei 100—200° im Ofen, was gute 20 Minuten in Anspruch nimmt. Die Einbettungsmasse selbst erwies sich beim Guß als geeignet und die Oberfläche war — von den üblichen Gußperlen abgesehen — glatt.

Ferner machte ich die Erfahrung, daß man unmöglich das Modell mit der inneren Masse in die äußere von oben hineinstecken kann; denn die Kernmasse streift sich bei diesem Verfahren vollkommen ab (Abb. 3). Ich bettete mehrere Modelle nach diesem Verfahren ein, wobei ich der inneren Masse rote Tusche zusetzte. Nach dem Erhärten schnitt ich die Muffeln durch und sah, daß von der roten Masse praktisch nichts mehr am Modell war, sondern fast alles im Gußtrichter und um den Gußstift.

Man muß also unbedingt einen Kegel benützen, den Ring auf den Kegel stellen und die äußere Masse in den Ring und auf das Modell gießen. Hierdurch geht aber schon wieder etwas von der Einfachheit der Methode verloren. — Ein Ölbad statt des Glyzerinbades wollte ich wegen des beim Ausbrennen auftretenden üblen Geruches nicht benützen.

Einen Guß ohne Gußperlen brachte ich bei dieser Methode nicht fertig. Ich bin überzeugt, daß man mit dieser Methode ausgezeichnete Güsse machen kann, wenn man entweder die Muffeln abdichtet oder das Glyzerinbad benützt und die Muffel dann trocknet. Ferner lehrte mich dieser Versuch, daß nicht genügend Wert auf die Einhaltung der richtigen Temperatur während der ganzen Abbindungszeit gelegt werden kann. Da aber diese Methode, um mit Sicherheit gute Güsse zu erzielen, auch eine beträchtliche Spanne Zeit und eine größere Apparatur beansprucht, beschloß ich, sie — so bestechend die Einfachheit des Anrührens und Kernbildens war — als vorläufig erledigt zu betrachten und sie für den Plattenguß zurückzustellen und versuchte mit neuen Mitteln — wie nachstehend geschildert — den „Idealguß" zu erreichen.

Hauptversuche.

Modelle und Materialien, Begründung ihrer Wahl, Art ihrer Verwendung.

A. Die Modelle.

In den Vorversuchen benützte ich meist ein Modell, welches eine in einen Metallquader geschnittene Sattelkavität darstellt. Die Dicke des Querteiles ist ungefähr so groß wie die der Seitenteile, Ecken und Kanten sind abgerundet und poliert. Am oberen Rande wurde an einer Seite mit einem diamantierten Kupferkegel eine Kerbe eingeschnitten, um den Guß nicht verkehrt aufzusetzen. Da mir dieses Modell als zu klein erschien, und die Abhängigkeit des Sitzes des Gusses von der Form der Kavität an diesem Modell nicht deutlich genug dargestellt war, und man nicht ganz genau sehen konnte, ob der Guß zu groß oder zu klein geraten war, entschloß ich mich, zwei größere Modelle anfertigen zu lassen.

Dies waren zwei Modelle von Sattelkavitäten, die gleichen Rauminhalt hatten, jedoch waren an dem ersten Modell die beiden Schenkel dreimal so groß als das Querteil, an dem zweiten Modell das Querteil dreimal so groß als die Seitenteile (Abb. 4). Die Ecken und Kanten waren nicht abgerundet, sondern zeigten scharfe Winkel. Modelle mit abgerundeten Ecken und Kanten ergeben Güsse, welche nie den genauen Randschluß zeigen, an dem man im Versuch Kontraktion und Expansion genau beobachten kann, da die fein auslaufenden Kanten schwerer zu modellieren sind und sich das Wachs beim Erkalten immer abzuziehen versucht. Nur die scharf geschnittene Kante des Gusses läßt beim Anprobieren an die ebenso scharfe Kante des Modells die Richtigkeit des Gusses beurteilen.

Fertigen wir auf diesen beiden Stahlmodellen Wachsmodelle an und gießen sie in gewöhnlicher Weise, so sehen wir, daß der Guß am Modell 1 ohne weiteres zum Sitzen zu bringen ist. Der okklusale Randschluß und die Leichtigkeit, mit der das Gußstück auf den

hohen Sattel sich aufschieben läßt, sind überraschend und lassen bei Betrachtung von oben Zweifel an der Notwendigkeit eines Expansionsgusses aufkommen, wenn uns nicht der deutliche Spalt am zervikalen Rand der beiden Schenkel daran erinnern würde, daß die Kontraktion hier ihr Spiel getrieben hat.

Das Gußstück für Modell 2 (dickes Querteil) läßt sich unmöglich aufschieben. Je nach dem Schwindmaß der verwendeten Legierung zeigt sich eine Differenz von 2 bis $^1/_2$ mm (Abb. 5).

Der Grund dieser Erscheinung ist folgender: Das in der Form noch flüssige Gold beginnt mit der Erstarrung immer an den dünnsten Stellen, also im Fall 1 am dünnen Querteil, das beim Erstarren flüssige Schmelze aus den wuchtigen Seitenteilen entnimmt und deshalb eine äußerst geringe Kontraktion zeigt, außerdem hält es die Seitenteile beim Erstarren an ihrem Platz, kein Wunder also, wenn dieses Gußstück sich leicht aufsetzen läßt. Die großen Seitenteile zeigen natürlich das gewohnte Schwindmaß und sind in der Länge verkürzt.

Im Falle 2, beim dicken Querteil, haben wir den umgekehrten Vorgang, hier werden die schwachen Seitenteile beim Erstarren des Querteiles gewaltsam nach innen gezogen und zwar oben mehr als unten. Hier wird uns das Schwindmaß drastisch vor Augen geführt, und an diesem Modell können wir am besten beurteilen, wie weit uns der Expansionsguß geglückt ist.

Es ist nur immer zu berücksichtigen, daß die mit großen Teilen verbundenen kleinen Teile eines Gußstückes, da sie immer genügend flüssige Schmelze aus den großen Teilen beziehen, beim Ausdehnungsguß im Verhältnis oft zu groß werden.

Außerdem ist immer an das Phänomen der „Spitzenzurückziehung" zu denken, es werden nämlich die kleinen Teile beim Erstarren der großen Teile zu diesen infolge der Schrumpfung hingezogen. Dieses Phänomen zeigen auch meine besten Expansionsgüsse am Modell 2.

So lehrreich die Güsse an den beiden ungleichen Modellen waren, so war es doch nicht sehr angenehm, ständig mit ihnen zu arbeiten, denn erstens ist die Herstellung eines Wachsmodells an ihnen nicht leicht, zweitens verbrauchen sie ziemlich viel Gold und drittens ist das Modell ein zu guter Wärmeleiter, um ihm vertrauen zu können. Das Metallmodell wird durch das erwärmte Wachs und die Berührung mit den heißen Modellierinstrumenten ebenfalls erwärmt, kann sich selbst auch etwas ausdehnen und hält das Wachs warm, so lange es in der Form ist.

Um die Verhältnisse im Munde möglichst nachzuahmen, benützte ich die erst auf den Markt gekommenen Zimmermann-Phantomzähne, die wahrscheinlich aus einer Mischung von Zelluloid und Galalith bestehen (Abb. 6). Sie sind fest genug, um mit Bohrern usw. bearbeitet werden zu können, halten unbedingt die Form, sind nicht zerbrechlich und kantenfest, glatt, nicht brennbar und schlechte Wärmeleiter. In diese Zähne habe ich mehrere typische Kavitäten

präpariert, zentrale und umfassende mit ziemlich gleichmäßiger Massenverteilung. An ihnen zu arbeiten, war besonders instruktiv.

B. Materialien.

1. Das Modellierwachs.

Von großer Wichtigkeit für einen Expansionsguß ist das Modellierwachs. Zu seiner Auswahl stand mir die umfassende Arbeit Besiers zur Verfügung, auf Grund deren ich mich für das Taggartwachs entschied und ich kann sagen, daß die Erfahrungen mit diesem Wachs eine vollkommene Rechtfertigung der Besierschen Ergebnisse darstellen; es erfüllt alle Bedingungen und gilt für mich zur Zeit als das idealste im Handel befindliche Inlaywachs.

Das Taggartwachs wird schon in Form kleiner Hütchen geliefert, die man einfach im weichen Zustand in die Kavität eindrückt. Sein Schmelzpunkt liegt bei 58,5° C und, was es vor anderen auszeichnet, ist der geringe Verbrennungsrückstand von 0,02 % gegen beispielsweise 0,272 % des Herbstschen Wachses. Das gedrückte Taggartwachs ist als einzige Ausnahme härter als das gegossene. Unter den zehn von Besier untersuchten Wachsen steht die gegossene Form bezüglich der Härte an dritter Stelle, die gedrückte an erster Stelle. Beim Fließen zeigt es eine fast ölige Beschaffenheit und es klebt beim Modellieren schwerlich an.

In gedrückter Form ist es auch weniger elastisch, es steht an neunter Stelle, als in gegossener Form, in der es an dritter Stelle steht. Ich habe in meinen Versuchen gefunden, daß die Elastizität der gedrückten Form genügend groß ist; sie dürfte gar nicht größer sein. Beim Herausnehmen aus der Kavität erweist sich das Wachs als sehr zuverlässig. Es bricht, wenn ein Fehler in der Präparation vorliegt, aber wenn wir es unzerbrochen aus der Kavität entnommen haben, so können wir unbedingt sicher sein, daß es die Form nicht verändert hat.

Was die inneren Spannungen anbelangt, so ist hier bemerkenswert, daß das gegossene Wachs eine innere Spannung von 0,35 % besitzt, während das gedrückte das spannungsloseste von allen ist, es kehrt bei der Kontraktionskurve fast wieder auf den Ausgangspunkt zurück; auch ein Grund, der zu seiner Wahl führte. — Eine weitere sehr günstige Eigenschaft ist die, daß es bei Mundtemperatur vollkommen fest ist und nicht erst abgekühlt zu werden braucht. Eine glänzende Oberfläche kann man in vorbildlicher Weise erzielen, denn es läßt sich sehr gut schaben und zeigt dann spiegelnde Flächen, überhaupt läßt es sich ausgezeichnet kalt bearbeiten, eine Eigenschaft, die viel wert ist und gewiß nicht für mangelnde Elastizität spricht. Die Kontraktion beim Erkalten ist als äußerst gering zu bezeichnen, sie ist mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar.

Der große Unterschied, den Besier zwischen eingedrücktem und eingetropftem Wachs fand, ist bemerkenswert (Abb. 7). Die Besier-

schen Kurven für das gedrückte Wachs gehen für das grüne Taggartwachs bis zu 32°, eben der Temperatur, bei der der senkrechte Wachsstab, den Besier zu der Expansionsmessung benützte, anfing, zusammenzusinken. Hier hörte Besier auf, die Kontraktion zu messen, wie wenn sich die Expansionsmöglichkeit des Wachses bei 32° erschöpft hätte. Hier läßt der Besiersche Versuch im Stich, denn es ist nicht gesagt, daß sich das Wachs nicht noch weiter ausdehnen kann. Wir expandieren ja nicht frei stehende Wachsstäbe, sondern von Einbettungsmasse allseits umschlossenes Wachs.

Meine eigenen Versuche darüber ergaben, daß sich das Wachs über die Temperatur von 35° hinaus bei weiterer Erwärmung langsamer ausdehnt, dies ist jedoch von Vorteil, denn wir brauchen dann beim Ausdehnen nicht so genau auf die Temperatur des Wasserbades zu achten, als wenn wir die Temperatur der raschesten Ausdehnung benützen. Die Behandlungsart des Wachses bei meinen Versuchen war folgende:

Das Wachs wurde in Wasser gelegt, das auf 65° erwärmt wurde und darin solange belassen, bis es knetbar, aber nicht weich war (Abb. 8).[1]) Die Füllung wurde dann modelliert, genau so, wie wir es im Munde zu tun pflegen, wo zu wenig Wachs war, wurde aufgetropft. Jede Füllung besteht immer aus einer Mischung von gedrücktem und geschmolzenem Wachs, darum hat eine Methode, welche ausschließlich eine der beiden Formen vorschreibt, auch keinen Wert. — Wird das Wachs überhitzt, so ist es zu weich und es zeigt eine unangenehme schollige Konsistenz, darum ist das Überhitzen zu vermeiden. Nach dem Modellieren wurde das Wachsmodell weder mit kaltem, noch mit warmem Wasser bespritzt, denn es war im erkalteten Zustande fest genug, um herausgenommen zu werden. Auch im Versuche am Patienten erwies sich diese Maßnahme als überflüssig. Soda- und Seifenlösung wurden mit einfachem Leitungswasser angerührt. Das Wasser beim Anrühren der Masse war gestandenes, zimmerwarmes Wasser und das Wasserbad, in dem die Ausdehnung sich vollziehen sollte, hatte die Temperatur von

44° C für große Füllungen,
42° C für mittlere Füllungen,
40° C für kleine Füllungen,
37° C für Halbkronen,
38° C für Dreiviertelkronen,
30—35° C für Vollkronen (auch Stufenkronen usw.),
38° C für überwiegend zentrale Füllungen.

Die Zeit, während der die Ausdehnung vor sich ging, war 30 Minuten.

2. Die Einbettungsmasse.

Um dem Prinzip der größtmöglichen Einfachheit und Billigkeit treu zu bleiben, sah ich mich genötigt, auf alle käuflichen Ein-

[1]) Nur im Original.

bettungsmassen zu verzichten und aus dem in unserem Institut gebrauchten Alabastergips der Oberbayerischen Gipswerke und der Porzellanerde der Staatlichen Porzellanmanufaktur Berlin mit Hilfe weniger noch zu findender Beimengungen gleicher Billigkeit eine Ausdehnungseinbettungsmasse zu finden. Die gewöhnliche Einbettungsmasse von gleichen Gewichtsteilen Gips und Porzellanerde gefiel mir nicht, denn erstens bindet sie zu schnell ab, Wachsexpansion braucht aber Zeit, zweitens gibt sie eine zu rauhe Oberfläche beim Guß, was nicht nur auf die Verbrennung des Gipses bei starkem Vorwärmen, sondern auch auf die Hitzewirkung des flüssigen Goldes zurückzuführen ist. Der Gips ist die Ursache vieler übler Erscheinungen beim Guß. Auch die Ausdehnung der Masse beim Abbinden und die Rißbildung in der Form beim Vorwärmen sind allein auf Konto des Gipses zu schreiben. Deshalb stellte ich Massen her, bei denen der Anteil Gips immer mehr und mehr verringert wurde, schließlich kam ich an einen Punkt, an dem die Abbindung erst nach 15 bis 20 Minuten eintrat, einem Zeitpunkt, den ich damals für genügend erachtete, aber es zeigte sich, daß die Festigkeit der Masse eine viel zu geringe war, sie zersprang leicht und zeigte nicht den nötigen Widerstand gegen die Gewalt des einschießenden Goldes. Hierauf versuchte ich es mit dem zweiseitigen Einbetten, das schon unter den Vorversuchen geschildert wurde, konzentrierte Lösung innen, bekam jedoch keine befriedigenden Resultate.

Schließlich benützte ich den Handgriff, den Kerr schon der Keramik entnommen hatte, nämlich die Einbettung des Modells in eine gesättigte Lösung von Masse in Wasser. Das Modell wird sorgfältig mit dünner Lösung eingepinselt und dann trockene Masse bis zur Sättigung aufgestreut. Damit die Lösung möglichst viel von ihr schluckt, muß, wie in der Keramik, geriffelt werden. Diese Methode ist ausgezeichnet und erscheint mir als die beste und sicherste. Die Festigkeit der inneren Masse ist trotz des geringen Gipszusatzes außerordentlich und es steigen durch das Riffeln alle Luftblasen hoch. Dadurch, daß die innere Masse so stark konzentriert ist, bindet sie früher ab, sie kann sich in die äußere Masse hinein ausdehnen und wenn diese abbindet, kann sie nicht auf die innere Masse drücken, da diese schon erhärtet ist.

Diese Einbettungsmethode ist ideal, vorausgesetzt, daß die Abbindung der äußeren Masse erst einsetzt, wenn die Wachsexpansion sich vollzogen hat. Da das Kernbilden 7—8 Minuten bei größeren Modellen erfordert, muß die äußere Masse nach dieser Zeit noch ganz weich sein. Aus Gründen der Einfachheit sollten jedoch für außen und innen keine verschiedenen Massen gebraucht werden und die äußere und die innere Masse sollten gleichzeitig angerührt werden. Ich stellte eine Masse her aus zehn Gewichtsteilen Porzellanerde und einem Gewichtsteil Gips.

Dieselbe band aber noch immer viel zu rasch ab, nach 8 Minuten konnte ich den harten Kern nur noch mit einiger Gewalt in die

äußere Masse drücken, der harte Kern war natürlich auch schon zu hart und hinderte die Expansion. Noch weniger Gips oder noch mehr Wasser verminderten die Festigkeit beim Guß. Einen Gips, welcher bei höherer Temperatur gebrannt war, als der verwendete von 180 bis 200° konnte und wollte ich nicht nehmen, denn die Masse selbst sollte mit dem einfachen Modellgips hergestellt werden. Es wurden verschiedene Zusätze probiert, die alle ausscheiden mußten, wie Leim wegen des Geruches und der Verschmutzung der Form, Eisenchlorid, weil es die Metalle zu sehr angreift, und für die Kleidung zu gefährlich ist.

Als einzig brauchbar fand ich einen Zusatz von 15 Tropfen konzentrierten Glyzerins auf 40 g Einbettungsmasse. Die Beigabe von Glyzerin wirkt sich ausgezeichnet aus, denn durch die etwas fettige Konsistenz der Masse läßt sich dieselbe vorzüglich auf das Modell streichen und haftet dort sehr gut und die Abbindung der äußeren Masse ist erst nach 40 Minuten beendet, die der inneren nach ca. 20 Minuten. Glyzerin ist ein sehr gutes Verzögerungsmittel, es verbrennt auch in der Masse ohne üblen Geruch und ohne die Form zu verschmutzen (Abb. 9).[1]) Da es außerdem als organischer Bestandteil verbrennt, schafft es die nötigen Porositäten in der Masse.

Das endgültige Rezept der von mir zu meiner vollen Zufriedenheit für Inlays verwendeten Masse lautet also: Zu 10 Gewichtsteilen Porzellanerde, die mit einem Sieb von 5000 Maschen auf den Quadratzentimeter gesiebt wurde, kommt 1 Gewichtsteil Gips. Je 2,5 Volumenteile dieser Mischung werden mit einem Volumenteil Wasser angerührt, dem für je 40 g Einbettungsmasse 15 Tropfen, für Inlays, Dreiviertel- und Vollkronen und für größere Halbkronen 20 Tropfen konzentriertes Glyzerin beigegeben werden. Ich benützte eine Waage, deren Waagebalken im umgekehrten Verhältnis der Gewichte standen, füllte die eine Schale gestrichen voll Masse (ungefähr 40 g), gab in die andere Schale 15 Tropfen Glyzerin und füllte bis zum Gleichgewicht mit Wasser nach.

Die Frage, ob sich die Einbettungsmasse beim Abbinden nach innen oder außen ausdehnt, ob der Hohlraum innen kleiner oder größer wird, hat Han schon erörtert. Er kommt zu dem Schlusse, daß sich die Masse im Metallring nach innen ausdehnt und das Wachsmodell verkleinert. Dem muß ich zustimmen; bei dem von mir angewandten Verfahren kann das aber nicht der Fall sein, denn der Kern kann sich ja ungehindert in die äußere, ganz weiche Masse hinein ausdehnen. Ob sich die Einbettungsmasse bei ungehindertem Ausdehnen nach innen ausdehnt oder nach außen, konnte Han nicht feststellen, auch ist ihm der betreffende Versuch, der sich auf diesen Vorgang beim Vorwärmen bezieht, nicht gelungen.

Meines Erachtens ist streng zu unterscheiden zwischen der Expansion der Masse beim Abbinden durch den Gips und der Ausdehnung

[1]) Nur im Original.

und nachherigen Kontraktion beim Vorwärmen. Bei Han fand ich beide Expansionsarten miteinander verquickt. Die Physiker unterscheiden meines Wissens zwischen homogenen und inhomogenen Körpern. Zu den homogenen rechnen sie z. B. die Metalle, zu den inhomogenen Substanzen, welche aus mehreren ganz verschiedenen Bestandteilen bestehen, wie z. B. unsere Masse. Nach ihrer Meinung dehnen sich homogene Körper nach außen aus, die inhomogenen aber ungleichmäßig, nach allen Seiten, gleichgültig, welcher Ursache Expansion und Kontraktion sind. Der beliebte Vergleich mit dem Metallreifen, der heiß auf die Felgen des Eisenbahnrades aufgezogen wird, kann hier nur für die homogenen Körper herangezogen werden, der Metallreifen wird beim Erwärmen größer und beim Erkalten kleiner, unsere Massen aber dehnen sich beim Erwärmen unregelmäßig aus. Ähnlich ist es beim Abbinden des Gipses in der Masse, seine einzelnen Teile sind ja noch gar nicht in Ruhe, sie können sich bewegen, während sie sich vergrößern, kein Wunder also, daß die Expansion nach innen und außen vor sich gehen muß. Ich habe große Ringe aus Einbettungsmasse gegossen und zwar zwischen zwei Wachsringen, von denen der innere vorher scharf um ein drehrundes Metallstück gezogen war. Nach dem Erstarren paßte das Metallstück nicht mehr in den Wachsring, dieser war an einer Stelle zu klein, an der anderen zu weit, ein Beweis für die ungleichmäßige Expansion der Masse.

Daß die Einbettungsmassen bei zu starkem Erhitzen schrumpfen, ist auf die chemische Umsetzung des Gipses zurückzuführen. Darum war ich bestrebt, ihn möglichst aus der Einbettungsmasse zu entfernen.

Was das Schicksal des „Hohlraumes“ bei meinen Versuchen anbelangt, so ist beim Abbinden zu bedenken, daß sich doch der Kern nach außen ausdehnt und daß hier kein Hohlraum anzunehmen ist, sondern es befindet sich das Wachsmodell darin und es ist nicht glaubhaft, daß sich die Masse des Kerns mit Gewalt gegen das Modell hin ausdehnt, ebenso wenig glaubhaft ist es auch, daß die äußere Masse beim Abbinden den bereits harten Kern zusammendrückt.

Wie dem auch immer sei, die möglichen Veränderungen des inneren Raumes, sofern sie gleichmäßig sind, sind ganz belanglos, denn wir haben ja die Temperatur des Wasserbades, mit der wir uns jede gewünschte Ausdehnung erzwingen können. Die möglichen Veränderungen des Hohlraumes beim Erwärmen gehören in das Kapitel „Grenzen des Expansionsgusses“, auf sie haben wir keinen Einfluß und es bleibt uns nur die Hoffnung, daß ihnen die möglichste Verringerung des Gipsgehaltes ein Ziel setzt. Was die weitere Behandlung der eingebetteten Muffel anbelangt, so hat die Masse 30 Minuten Zeit im Wasserbad abzubinden, aber unter streng wasserdichtem Verschluß. Längstens 5 Minuten soll sie lufttrocknen, dann ist sie rasch ungefähr 10 Minuten zu erwärmen, bis alles Wasser verdunstet ist, sodann wird sie auf dunkle Rotglut gebracht. Nach dem Guß läßt sie beim Ausbetten deutlich den harten Kern erkennen und läßt sich außerdem sehr leicht vom Gußobjekt abwaschen.

Der Arbeitsgang bei der Herstellung eines Expansionsgusses.

Nachdem ich in den vorstehenden Ausführungen genügend deutlich die Gründe dargelegt zu haben glaube, die mich auf die Methode des Hauptversuches führten, will ich im folgenden ganz einfach beschreiben, wie ein Expansionsguß mit meiner Masse ausgeführt wird.

Soll der Guß für einen Phantomzahn angefertigt werden, so ist dieser mit einer ganz feinen Schicht von Kerr-Dental-Öl zu bepinseln. Dieses erwies sich seiner Leichtflüssigkeit wegen als das beste Isoliermittel. Wird der Guß für einen Patienten oder für ein Stahlmodell angefertigt, so ist keine Isolation nötig. Im Wachswärmer wird ein entsprechend großes Hütchen Taggartwachs mit dem Wasser auf 65° erwärmt und ungefähr 1 Minute darin gelassen. Hierauf wird es aus dem Wasser genommen und mit der Spitze voran in die Kavität gedrückt. Das Wachs wird schnell hart, der Überschuß ist mit einem heißen Spatel abzuschneiden. Wo ein genauer Randschluß erzielt werden soll, oder wo noch Wachs fehlt, wird solches aufgeschmolzen und die Ränder mit dem heißen Spatel übergangen. Zuletzt wird das Modell mit messerartigen Instrumenten durch Schaben fein ausgearbeitet. Der Gußstift wird in erster Linie zentral, in zweiter Linie an der massigsten Stelle und wenn möglich an keiner rechtwinkelig zu ihm oder gar spitzwinkelig gegen die Gußrichtung geneigten Fläche eingeschmolzen. Das herausgenommene Modell wird auf einen Gußkegel aufgesteckt und mit Klebewachs gut befestigt. Den Gußring stellt man in ein mit Gummi ausgelegtes Fußteil. Die Entfettung des Wachsmodells vollzieht sich ganz einfach so, daß man auf einem Stück Fleckenseife Schaum mit einem in Wasser getauchten Pinsel anrührt und das Wachsmodell damit bestreicht.

Sodann wiegt man die sorgfältigst gemischte Einbettungsmasse und das Wasser im richtigen Verhältnis ab — für einen Kerring 40 g Pulver. Meine sämtlichen Güsse wurden der Einfachheit halber und um eine zu starke Abkühlung beim Guß zu vermeiden, in Kerringen ausgeführt. Die Masse wird in einem Gumminapf oder Wasserglas angerührt, indem man mit dem Löffel, soferne er mindestens so breit ist, als der Radius des Mischgefäßes, 40mal unter ständigem Drehen des Gefäßes umrührt. Hierauf wird sofort der Ring bis fast obenhin mit Masse gefüllt. Das Wachsmodell, das vorher abgewaschen wurde, und von dem die Wassertropfen mit dem ausgewaschenen und ausgedrückten Pinsel abgesaugt wurden, wird nun mit einer dünnen Schicht Masse sorgfältig eingepinselt. Die erste Schicht wird am besten wieder abgeblasen, um Luftblasen zu vermeiden. Abermals wird eine dünne Schicht Masse aufgetragen und nun mit einem trockenen Pinsel so lange Pulver aufgestreut, als die nasse Schicht noch solches absorbiert. Erst wenn trockenes Pulver an der Oberfläche bleibt, wird der Kegel samt Modell durch Streichen mit einem Riffel, wie man ihn in der Keramik gebraucht, oder einer

Kautschukfeile in Erschütterung versetzt. Man beobachtet hierbei, daß das trockene Pulver an der Oberfläche vollkommen aufgesaugt wird und wieder Feuchtigkeit zutage tritt. Es wird so lange Pulver aufgestreut und geriffelt, als überhaupt solches absorbiert werden kann. Erst dann wird wieder eine dünne Schicht Masse aufgetragen und so fort, bis alle inneren Teile des Wachsmodells mit ganz harter Kernmasse ausgefüllt sind. Das Riffeln ist für die glatte Oberfläche von großem Wert, da die Luftblasen hochsteigen. Es ist wichtig, daß die Außenseite des Modells nicht bestreut wird, der harte Kern wird nur auf der Innenfläche gebildet, dies ist zur Erhaltung der inneren Dimension wichtig. Bei Halbkronen müssen auch die Kanten beiderseitig von harter Masse umgeben sein.

Nachdem also der innere Teil des Modells bis an die Ränder mit harter Masse umgeben ist, wird das ganze Modell mit einer 2—3 mm dicken Schicht angerührter Masse bestrichen, und dann so lange Pulver aufgestreut und geriffelt, bis der „Mantel" wachsweich geworden ist. Derselbe Prozeß wird wiederholt, so daß der gesamte Mantel 3—4 mm dick ist. Wichtig hierbei ist, daß man beim Riffeln den Kegel ständig dreht, um zu vermeiden, daß die Masse abtropft. Wenn beim Riffeln einmal die Masse des Mantels nur mehr schwer die Absicht erkennen läßt, sich der Schwerkraft folgend nach unten zu ziehen, ist dies für mich das Kennzeichen, daß der Mantel genügend dicht ist. Der Mantel muß ferner alle Teile des Wachsmodells bedecken, wo noch eine Kante heraussieht, bekommen wir beim Guß einen zerfetzten, ausgefransten Rand. Bevor man den Mantel aufstreicht, ist darauf zu sehen, daß an keiner Stelle des Modells trockenes Pulver direkt dem Wachs aufliegt, denn wenn wir den Mantel über trockenes Pulver ziehen, bekommen wir an dieser Stelle eine sehr rauhe Oberfläche. Der Mantel soll nicht nur das Modell umgeben, er soll auch den Gußstift umkleiden. Wenn der Mantel fertig ist, wobei auch an seiner Außenseite kein trockenes Pulver haften darf, wird das Ganze in die gefüllte Muffel gesteckt.

Der Prozeß der Kernbildung darf auf keinen Fall länger als 7 Minuten dauern. Wenn man in dieser Zeit nicht fertig zu werden glaubt — bei Halbkronen und Vollkronen braucht man immer 10 Minuten — so gebe man lieber 5 Tropfen Glyzerin mehr in das Wasser. Ist der Mantel zu weich, wird er beim Einbetten von der äußeren Masse abgestreift (Abb. 10).

Die austretende Masse wird abgewischt, die ganze Muffel wird mit Kopf nach unten in eine Klammer, die im Wasserbad schon auf die bestimmte Temperatur gebracht worden ist, eingeschraubt (Abb. 11).[1])

Der Verschluß muß wasserdicht sein, das Fußteil und der Gußkegelrand sind mit Gummi belegt. Das Wasserbad hat eine Temperatur von 35—44°, je nachdem, ob wir ein kleines oder großes, zen-

[1]) Nur im Original.

trales oder umfassendes Modell haben, ob wir es kleiner oder größer haben wollen, ob wir stark schrumpfendes oder weniger stark schrumpfendes Gold benützen, ob wir ein Inlay oder eine Halbkrone oder Vollkrone gießen. Die Gußküvette bleibt nun 30 Minuten im Wasserbad bei unbedingt konstanter Temperatur (Abb. 12).[1])

Es vollzieht sich hier die Expansion des Wachses, die in längstens 10 Minuten beendet ist, ihr folgt die Abbindung des Kernes, die sich an der Luft in 15 Minuten, in der Masse aber in 25 Minuten vollzieht, da der Kern der äußeren Masse noch Wasser entzieht. Nur die äußere Masse bindet während der 30 Minuten nicht ab, sie braucht noch ungefähr 5 Minuten an der Luft, um abbinden zu können. Nimmt man die Muffel früher als 30 Minuten aus dem Bad, so muß man eben umso länger nachher warten; denn die äußere Masse braucht unbedingt 35 Minuten, um abzubinden. Nimmt man sie später aus dem Bad, so muß man die Muffel trotzdem an der Luft noch ca. 5 Minuten trocknen lassen, läßt man sie länger lufttrocknen, zerreißt sie beim Vorwärmen.

Nun wird die Muffel am besten mit Kanal nach unten, nachdem Fußteil, Kegel und Gußstift entfernt worden sind, auf einen Brenner (Abb. 13)[1]) gestellt, dessen Flammen von der Seite her die Ringwand treffen (siehe Kapitel über die Oberfläche). Es ist an dieser Masse charakteristisch, daß sie sofort die starke Flamme verträgt, ohne zu zerreißen. Hat man die 5 Minuten Lufttrocknen übersehen, oder ist die Flamme zu stark, so können Teile der äußeren Masse abspringen. Meine Versuche hierüber ergaben, auch wenn große Teile abgesprungen waren, tadellose Güsse, denn der Kern blieb immer ganz. Die äußere Masse ist für den Guß überhaupt ziemlich belanglos, sie dient nur dazu, um den Kern im Ring zu befestigen und die Wärme zu leiten.

Nachdem die Muffel so lange auf dem Brenner gestanden hat, bis mit Sicherheit auch der letzte Wasserrest verdunstet ist, wird sie in einen gewöhnlichen Vorwärmeofen gestellt und dort so lange vorgewärmt, bis der Gußkanal, wenn man die Muffel unter den Tisch hält, einfache Rotglut, nicht Hellrotglut und nicht Weißglut, zeigt. Hat man die Muffel überhitzt, so ist lediglich eine etwas größere Schrumpfung des Gusses bemerkbar, auch eine Zerreißung des Kernes kann eintreten (Abb. 14). Die erhitzte Muffel wird dann in die Schale einer ganz einfachen Siriusschleuder, die aber mit einer Asbestscheibe ausgelegt sein soll, gestellt und der Guß geht wie gewohnt vonstatten. Das Gold soll nicht überhitzt werden, da ein heißer Guß eine größere Kontraktion hervorruft. Die Muffel wird nach dem Guß beiseite gestellt, bis man sie mit der Hand berühren kann. Beim Ausbetten fällt auf, daß der Kern sich noch gut aus der äußeren Masse herauswaschen läßt, aber auch er läßt sich mit einer Bürste leicht vom Gußstück abwaschen. Wenn man nach dem Absäuern mit 10%iger

[1]) Nur im Original

Schwefelsäure und Herausnehmen des Gusses mit einer Horn- oder Zelluloidpinzette diesen mit der Lupe untersucht, wird man an der Innenseite höchstens ganz winzige Gußperlen finden, die sich mit der feinen Spitze einer Lanzette leicht abstreifen lassen. An der Außenseite findet man Gußperlen nur, wenn zu Beginn der Einbettung die Außenseite an irgendeiner Stelle nicht bepinselt worden ist und wenn dann beim Riffeln schon dichtere Massen aus den inneren Partien herausgelaufen sind und sich der Schwerkraft und Adhäsion zufolge zum Gußstift hinbewegt haben. Am Beginn des Gußstiftes fand ich auch an meinen Güssen bei sonst tadelloser Oberfläche stets winzige Perlen. Ist der Guß sorgfältig eingebettet worden, so paßt er ohne jede Bearbeitung. Doppelt und dreifach gewinnt man dann am Patienten die aufgewendete Zeit.

Um meine Methode zu erproben, habe ich Ausdehnungsgüsse am Patienten gemacht und es haben alle ohne weitere Bearbeitung gesessen, ich brauchte sie nur aufzuschieben und sie zeigten idealen Randschluß (Abb. 15). Die Sicherheit der Methode ist sehr groß.

Die Abbildungen 16—20[1]) zeigen eine Reihe von Güssen mit und ohne Expansion an Phantomzähnen und Metallmodellen, die Abbildungen 21—27[1]) die Oberflächen von Goldgüssen nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenen Massen.

Grenzen des Expansionsgusses.

Es erhebt sich nun die Frage, ob es denn auch wirklich möglich ist, nach dieser Methode Güsse anzufertigen, die in allen Dimensionen gleich dem Wachsmodell sind. Ich verneine diese Frage — nicht aus dem Grunde, daß die eben beschriebene Methode hohen Anforderungen nicht gewachsen wäre — im Gegenteil, ich bin überzeugt, mit ihr den höchsten Ansprüchen gerecht zu werden, sondern es ist hier über die Grenzen des Expansionsgusses überhaupt, gleich nach welcher Methode er ausgeführt wurde, einiges zu sagen.

Wir müssen uns vergegenwärtigen, daß beim Expansionsguß verschiedene Medien verschiedenen Zustandsänderungen, also physikalischen Veränderungen unterworfen werden und es ist klar, daß diese Vorgänge ihre Spuren hinterlassen müssen.

Das Wachs wird, da es bis 30 Minuten in einer wasserhaltigen, gut wärmeleitenden Masse steht, gleichmäßig durchwärmt und muß sich daher auch ganz gleichmäßig ausdehnen, so daß es tatsächlich das gleichmäßig vergrößerte Abbild des Modells in kühlem Zustand darstellt. Anders ist es beim Vorwärmen; denn, da die Masse aus verschiedenen Bestandteilen besteht, ist anzunehmen, daß sie unregelmäßige Formveränderungen erleidet, ähnlich denen beim Abbinden. Näheres läßt sich darüber nicht sagen, wir müssen diese Veränderungen sozusagen als „Imponderabilien“ bezeichnen.

Der dritte und wichtigste Punkt ist das Schwindmaß des Goldes

[1]) Abb. 18, 20, 24 und 25 nur im Original.

beim Übergang vom heiß-flüssigen in den fest-kalten Zustand. Diese Volumverringerung und Kontraktion ist gleich der Ausdehnung des Wachsmodells, aber während diese gleichmäßig ist, ist die des Goldes ungleichmäßig. Die Ursachen sind folgende:

Prozentual verkleinert sich das Gold überall um denselben Betrag, ob die einzelnen Teile groß oder klein sind, wir müssen aber die Lunkerung mit einrechnen, die an abgetrennten, großen Teilen größer ist als an den im Genuß eines Saugekopfes stehenden Partien. Beim Inlayguß ist dies alles nur an großen Spezialmodellen und da nicht immer gleich drastisch zu sehen, beim Plattenguß wird es uns jedoch sehr deutlich vor Augen geführt wie grundverschieden die Güsse ausfallen, wenn wir keine Saugköpfe oder solche an den Gußstiften, von denen aus sie ebenfalls noch ziemlich rasch abkühlen, oder an von den Gußkanälen entfernt liegenden Stellen anbringen. Die geringste Verwerfung und Schrumpfung zeigen diejenigen Teile, die am ausgiebigsten über flüssige Schmelze verfügten. Was jedoch hauptsächlich bei Inlays zu beachten ist, ist die sogen. Spitzenrückziehung. Die früher erstarrten Teile, also in erster Linie die kleinen Teile, werden beim Erstarren der großen massigen Teile an diese herangezogen. Da bei Inlays immer massige Teile mit feinen Teilen vereint sind, ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Bei meinen Güssen konnte ich dieses Phänomen an den Stahlmodellen feststellen. Die Güsse am Modell mit dem breiten Querteil zeigten trotz allem am Fußteil immer einen mit der Lupe bemerkbaren Spalt. Um all den eben erwähnten Punkten nach Möglichkeit Rechnung zu tragen, habe ich für die Phantomzähne Güsse mit ziemlich gleich verteilten Massen angefertigt. Die Heranziehung der kleineren Partien an die größeren ist auch ein Grund, warum für größere Güsse höhere Temperaturen beim Wasserbad notwendig sind.

Die in dieser Arbeit beschriebene Methode ist ausschließlich für Inlays, Halb-, Dreiviertel- und Vollkronen gedacht, für größere Objekte, z. B. Platten, bei denen sich die Ausdehnung ganz anders vollzieht, und bei denen ein anderes Wachs in Frage käme, ist sie nicht geeignet. Um die Methode auch auf dem Gebiete der Kronen möglichst genau zu erforschen, goß ich eine Serie Halbkronen an Schneidezähnen, Eckzähnen, Prämolaren und Molaren in Formen nach Brekhus, Carmichael und Rank. Da das Einbetten einer Halbkrone 10 Minuten dauert, wurden der Flüssigkeit statt 15 Tropfen 20 Tropfen Glyzerin zugesetzt. Um mit Sicherheit die messerscharfen Kanten unverändert im Gußstück zu erhalten, wurde der Mantel besonders fest gemacht. An den Phantommolaren wurden Vollkronen mit und ohne Stufe und Dreiviertelkronen gegossen. Auffallend hierbei war, daß ich bei letzteren mit der Temperatur nicht weit genug heruntergehen konnte, sie schlüpften mir immer noch zu leicht. Die Güsse fielen sehr gut aus und sämtliche Stücke paßten ohne Bearbeitung. Was den Guß von Brückenzwischengliedern, die Fazetten mit Platinstiften oder Vitafazetten tragen, anbelangt, so sind darüber

noch Versuche zu machen. Ebenso ist es mit Klammern und mit Vollkronen, die unter das Zahnfleisch gehen sollen; soferne man bei letzteren das indirekte Verfahren und die schwierige Präparation und den Goldverbrauch nicht scheut, glaube ich, daß sich die Methode auch hier bewährt. Ob sich allerdings Taggartwachs dazu eignet, steht dahin. Trotz allem werden Gußfüllungen und die verschiedenen Arten von Halbkronen das Hauptanwendungsgebiet bleiben.

Kritische Betrachtung und Schlußfolgerung.

Die vielen Versuche, die ich bei Bearbeitung meines Themas angestellt habe, und die verschiedenen Methoden, die ich erprobt habe, haben mich gelehrt, daß es vollkommen zwecklos ist, sich eine Methode, die Ausdehnung sozusagen auf „Pauschale" gibt, anzueignen, auch sie braucht eine Apparatur und auch sie kostet Zeit. Für das, was wir selbst am Patienten einprobieren müssen, ist das Beste gerade gut genug und wir gewinnen am Patienten ein Vielfaches der Zeit wieder, die wir mehr an die Herstellung der Arbeit verwendet haben, aber die Sicherheit ist der hervorstechendste Zug und ein unbezahlbarer Vorteil. Dazu kommt noch die Billigkeit der Materialien; die Anschaffung der Apparatur wie des Wachswärmers, der Gußringklammern und des Wachsausbrenners ist eine einmalige Ausgabe. Alle anderen Gebrauchsgegenstände sind auch für den primitiven Guß nötig. Dies leitet auch zu der Frage über, ob sich denn jemals diese Methode bezahlt macht, denn nur dann hat eine Arbeitsregel Wert, wenn sie sich in der Praxis in klingende Münze umwandeln läßt. Ich kann diese Frage noch nicht beantworten, glaube aber, daß sich die Güsse nach diesem System, wie jede Qualitätsarbeit, bezahlt machen.

Eine beträchtliche, reine Geldersparnis bildet noch die Billigkeit der Einbettungsmasse: man kann sie selbst mischen oder mischen lassen, und braucht keine „Transozeanpreise" — bis zu 6 Mk. das Kilo — zu bezahlen für Massen, die dem Erzeuger nicht den 20. Teil kosten. Da an solchen ständigen Verbrauchsartikeln unerhört verdient wird, halte ich den Vorteil einer selbstgemischten Masse schon für bedeutend. Ich will versuchen, den gewöhnlichen Guß mit dem beschriebenen Verfahren zu vergleichen.

Gewöhnlicher Guß	Expansionsguß
Modellieren und Entfetten vollzieht sich in beiden Fällen gleich.	
Einbetten 5 Minuten	15 Minuten einschließlich Abwägen der Masse.
Abbindung 30 Minuten	Ausdehnung und Abbindung 30 Min. Lufttrocknen 5 Minuten.
Ausbrennen 5—10 Minuten	10 Minuten.
Vorwärmen 10 Minuten	10 Minuten.
Von hier ab ist alles weitere gleich.	
rund 1 Stunde	rund $1^1/_2$ Stunden.

Die Zeit, in der wir am Patienten eine Halbkrone oder eine Sattelfüllung einsetzen, ist sehr verschieden, aber immer werden die Gußstücke verschliffen, bei den Halbkronen besonders die Schienen. Ein Expansionsguß wird sofort passen bei bester Qualität und bestem Randschluß, abgesehen vom Zeitgewinn und dem Eindruck auf den Patienten.

Erfahrung und Berechnung haben mich daher veranlaßt, diese Methode, die noch sehr ausbaufähig ist, als die innerlich befriedigendste anzusehen, sie genauestens zu erforschen und in dieser Arbeit zu beschreiben.

Zuletzt sei mir gestattet, Herrn Professor Dr. Falck für die Überlassung des Themas und das reichlichst zur Verfügung gestellte Material meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Fenchel: Metallkunde. — Fabian: Goldgußfüllungen in Bild und Spiegelbild. — Preissecker: Die Gußmethoden mit Wachsexpansion — Stomatologie 1930, Heft 2. — Orbán: Die Expansionsgußtechnik. — Stomatologie 1930, Heft 1. — Dje Siong Han: Experimentelle Untersuchungen zur weiteren Klärung des Gußproblems. Dissertation 1930. — Besier: Ueber Formveränderungen des Modellwachses in Abhängigkeit von der Temperatur. Dissertation 1930. — Fischer: Untersuchung über die Möglichkeiten der Erzielung einer glatten Oberfläche beim zahnärztlichen Gußverfahren. Dissertation 1930. — Bartmeyer's Electrical Laboratory: Dr. Meyer's Improved Technique for Wax Expanding, Steam Elimination and Gold Casting. Chicago. — Zahnärztliche Rundschau 1929, 1930, 1931.

Lebenslauf.

Am 13. Dezember 1907 wurde ich, Heinrich Wiesinger, als Sohn des nunmehrigen Oberpostinspektors Heinrich Wiesinger und dessen Ehefrau in München geboren. Ende März 1911 übersiedelten meine Eltern nach Augsburg. Dort besuchte ich 4 Klassen der Volksschule und 2 Klassen des Humanistischen St. Anna-Gymnasiums. Im Herbst 1919 nach München zurückgekehrt, trat ich in die 3. Klasse der Humanistischen Abteilung des Wittelsbacher Gymnasiums ein, wo ich am 7. April 1927 das Zeugnis der Reife erhielt. Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im Sommer-Semester 1927 in München, verblieb hier die ganze Studienzeit und beendete mein Studium mit dem Sommer-Semester 1930. Im Winter-Semester 1930/31 war ich als Doktorand immatrikuliert. Am 11. Dezember 1930 erhielt ich die Approbation als Zahnarzt. Vom 15. Dezember 1930 bis 31. April 1931 war ich als Volontärassistent in der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz des Zahnärztlichen Instituts beschäftigt. Seit dem 1. Mai 1931 bin ich dort als Hilfsassistent angestellt.